

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Proyeksi Jumlah Penduduk

Proyeksi jumlah penduduk dilakukan agar mengetahui pertumbuhan penduduk tiap tahunnya yang tujuannya untuk memperkirakan jumlah air yang dibutuhkan pada masa yang akan datang. Proyeksi jumlah penduduk dapat dilakukan melalui 3 metode yaitu aritmatika, geometrik dan eksponensial (Badan Pusat Statistik, 2010). Dasar pemilihan proyeksi jumlah penduduk berdasarkan kecenderungan tumbuhnya penduduk dan karakteristik dari kota perencanaan.

##### 2.1.1 Metode Aritmatika

Metode aritmatika dikenal juga dengan sebutan metode rata-rata hilang. Metode ini digunakan apabila terjadi penambahan populasi secara periodik dan relatif konstan. Pertumbuhan penduduk ini biasanya terjadi pada kota dengan luas wilayah yang kecil, tingkat pertumbuhan ekonomi rendah, dan pengembangan kota tidak terlalu pesat (BPS, 2010). Secara matematis metode ini dapat ditulis seperti pada Persamaan 2.1.

$$P_n = P_o + a \cdot n \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

- $P_n$  = Jumlah Penduduk Tahun Proyeksi
- $P_o$  = Jumlah Penduduk Awal Tahun Dasar
- $a$  = Rata-rata Pertambahan Penduduk (Juta/tahun)
- $n$  = Kurun Waktu Proyeksi

### 2.1.3 Metode Geometrik

Metode Geometrik digunakan apabila jumlah penduduk peningkatannya menunjukkan angka yang relatif sama dari waktu ke waktu (BPS,2010). Secara matematis metode ini dapat ditulis seperti pada Persamaan 2.2.

$$P_n = P_o(1+r)^n \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

- $P_n$  = Jumlah Penduduk Tahun Proyeksi  
 $P_o$  = Jumlah Penduduk Awal Tahun Dasar  
 $r$  = Rata-rata Pertambahan Penduduk (%)  
 $n$  = Selisish antar Tahun Proyeksi dan Tahun Dasar

### 2.1.4 Metode Eksponensial

Metode eksponensial menggambarkan pertumbuhan penduduk yang terjadi tidak signifikan (BPS,2010). Secara matematis metode ini dapat ditulis seperti pada Persamaan 2.3 dan 2.4.

$$P_n = P_o \times e^{rn} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$r = \frac{1}{n} \ln \left( \frac{P_n}{P_o} \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

- $P_n$  = Jumlah Penduduk Tahun Proyeksi  
 $P_o$  = Jumlah Penduduk Awal Tahun Dasar  
 $r$  = Angka Pertumbuhan Penduduk  
 $T$  = Waktu (tahun)

## 2.2 Dasar Pemilihan Metode Proyeksi Penduduk

Dasar pemilihan metode proyeksi penduduk adalah perhitungan faktor korelasi dan standar deviasi. Faktor korelasi dan standar deviasi dapat dihitung dengan cara menganalisis data kependudukan yang dimiliki secara statistik. Pemilihan metode proyeksi jumlah penduduk berdasarkan angka korelasi positif yang terbesar (paling mendekati 1 atau -1) dan nilai standar deviasi yang paling kecil (BPS, 2010).

### 2.2.1 Faktor Korelasi

Adapun kriteria terhadap angka korelasi terbagi menjadi 3 bagian antara lain:

1.  $R < 0$ , Kedua data memiliki hubungan yang kuat tetapi bernilai negatif dan memiliki korelasi terbalik satu sama lain.
2.  $R = 0$ , Kedua data tidak saling berhubungan.
3.  $R > 0$ , Kedua data memiliki hubungan kuat dan memiliki korelasi positif yang berbanding lurus satu sama lain.

Agar mengetahui angka korelasi dari masing-masing metode yang ada maka dapat digunakan rumus seperti pada Persamaan 2.5. (Triadmodjo, 2014).

$$r = \sqrt{\frac{D_t^2 - D^2}{D_t^2}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

$r$  = Koefisien Korelasi

$D_t^2$  = Jumlah penduduk tahun ke-n dikurangi rerata jumlah penduduk per tahun dikuadratkan

$D^2$  = Estimasi jumlah penduduk dikurangi rerata jumlah penduduk per tahun dikuadratkan

### 2.2.2 Standar Deviasi

Standar deviasi merupakan nilai statistik yang dimanfaatkan untuk menentukan sebaran data dalam sampel, serta seberapa dekat titik data individu ke mean atau rata-rata nilai sampel. Standar deviasi (Sd) yang digunakan adalah yang terkecil, karena nilai standar deviasi yang kecil menunjukkan bahwa data yang didapat dari proyeksi tidak berbeda jauh dengan data aslinya. Standar deviasi dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.6. (Triadmodjo, 2002).

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

- Sd = Standar Deviasi Berdasarkan Data yang Diketahui  
 d = Selisih pertumbuhan penduduk berdasarkan metode dan rerata  
 n = Jumlah Data yang Diketahui

### 2.3 Kebutuhan Air

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menganalisis kebutuhan prasarana adalah hasil survei nyata, proyeksi kebutuhan penduduk, skenario pembangunan perkotaan dan tingkat penyediaan prasarana yang ada di wilayah tersebut tak lupa persoalan yang telah diidentifikasi.

Analisis harus menunjukan angka nyata mengenai kebutuhan awal dan kebutuhan pengembangan (*development need*) serta harus mempertimbangkan teknologi yang siap pakai, standar-standar yang ada, dan perencanaan yang menggunakan teknologi yang belum berstandar.



**Tabel 2. 1. Kebutuhan Air Minum Secara Umum**

No.	Klasifikasi Kebutuhan Air	Kriteria Pemakaian Air	Keterangan
		Lihat hasil survey prasarana	
1	Kebutuhan domestik	Pemakaian air untuk SR (Sambungan Rumah Tanga) = 120 lt/org/hr	1. Prediksi dilakukan 15-20 tahun kedepan sesuai dengan Rencana Induk SPAM
		Pemakaian untuk HU/TA (Hidran Umum) = 60 lt/org/hr (Standar Pelayanan minimum	
2	Kebutuhan non domestik		2. Kriteria pemakaian
2a	Kebutuhan Industri	0,1-0,3 l/ha/hr	hari maksimum 1,15
2b	Kebutuhan Niaga besar	900 l/niaga/hr (niaga kecil)	pemakaian hari rata-rata
2c	Kebutuhan Niaga kecil	5000 l/niaga/hr (niaga besar)	
2d	Kebutuhan Fasilitas Umum (Pendidikan, Kantor pemerintahan dsb)	10%-15% dari kebutuhan domestik	3. Pemakaian air untuk jam puncak 1,5-1,7 pemakaian hari maksimum
2e	Kebutuhan Hotel	3 m <sup>3</sup> /kamar/hr	
2f	Fasilitas Kesehatan	2000 lt/hari	
2g	Fasilitas peribadatan/Mesjid	3000 lt/unit/hari	

Sumber : RPIJM, 2007 dan Ditjen Cipta Karya, PU, 1996

### 2.3.1 Kebutuhan Domestik

Estimasi populasi sangat besar pengaruhnya dalam menentukan kebutuhan air domestik (kodoatie dan Sjarief, 2008). Kecenderungan populasi dan *track record* populasi dipakai sebagai dasar perhitungan kebutuhan air domestik. Rencana pertumbuhan penduduk sendiri juga dipengaruhi pengembangan oleh tata ruang Kabupaten.

### 2.3.2 Kebutuhan Non Domestik

Kebutuhan air komersil cenderung berbanding lurus dengan peningkatan jumlah penduduk dari suatu wilayah. Kebutuhan ini maksimum mencapai 20% s.d. 25% dari total suplai (produksi) air. Kebutuhan air non domestik meliputi pemanfaatan komersil, keperluan institusi, dan keperluan industri.

## **2.4 Perencanaan dan Pengembangan Sistem Penyediaan air minum**

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam memenuhi kriteria perencanaan dan pengembangan sistem penyediaan air minum (SPAM) adalah perencanaan teknis air baku, unit produksi air baku yang meliputi intake, unit flotasi, unit flokulasi, reservoir dan lain sebagainya yang akan dijelaskan lebih lanjut pada sub bab 2.9, teknis unit transmisi air baku, teknis unit distribusi air baku, dan teknis unit pelayanan.

## **2.5 Sumber Air Baku**

Air baku untuk sumber air minum rumah tangga, yang disebut air baku adalah air yang dapat berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah (air hujan) yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk digunakan sebagai air minum. Penggunaan air baku juga harus ditinjau terhadap kuantitas, kualitas, dan kontinuitas air baku serta kondisi iklim yang akan mempengaruhi fluktuasi air baku baik dari segi kualitatif maupun kuantitatif, level air banjir, dan level air minum, peraturan yang ditetapkan dalam pemanfaatan sumber air baku, informasi navigasi, geografi, dan geologi serta isu-isu ekonomi lainnya.

### **2.5.1 Air Tanah**

Air tanah sebagai sumber air baku memiliki kekurangan dan kelebihan. Kelebihan air tanah, umumnya air tanah tidak keruh sehingga pengolahan air tanah untuk menjadi air minum dapat dilakukan dengan mudah. Selain mudah untuk pengolahannya, air tanah yang jauh dari permukaan, tidak mudah tercemar oleh berbagai aktivitas manusia dan tidak mengandung patogen berbahaya. Akan tetapi, biasanya air tanah bersifat sadah dan mengandung Fe (besi) dan Mn (perak metalik) dalam konsentrasi tinggi serta air tanah memakan waktu yang lama untuk terisi kembali sehingga secara kuantitas keberlangsungan air tanah tidak berkelanjutan (Efendi, 2013). Sumber air baku air tanah dibedakan menjadi 2 bagian yaitu sumur dangkal dan sumur dalam.

### 1. Sumur Dangkal

Pertimbangan pemilihan sumur dangkal dikarenakan secara umum kebutuhan air di daerah perencanaan kecil, potensi sumur dangkal dapat mencukupi kebutuhan air bersih di daerah perencanaan (dalam kondisi akhir musim kemarau/kondisi kritis). Perlengkapan bangunan sumur dangkal dengan sistem sumur gali meliputi ring beton kedap air, penyekat kontaminasi dengan air permukaan tiang beton, ember/pompa tangan. Sedangkan perlengkapan sumur dangkal dengan sistem sumur pompa tangan (SPT) meliputi pipa tegak (pipa hisap), pipa selubung, saringan, sok *reducer*.

### 2. Sumur Dalam

Sumur dalam dipertimbangkan untuk dipilih secara umum dikarenakan kebutuhan air di daerah

#### 2.5.2 Air Permukaan

Air permukaan merupakan air hujan yang tetap berada di permukaan bumi dan tidak menyerap ke dalam tanah serta tidak kembali menguap ke atmosfer. Air permukaan meliputi air sungai, waduk, dan danau. Air permukaan merupakan sumber air baku yang paling mudah didapatkan. Akan tetapi air permukaan ini sangat mudah mengalami pencemaran sehingga diperlukan pengolahan yang intensif.

Di Kabupaten Kotawaringin Timur sendiri air permukaan yang paling melimpah ruah adalah air gambut. Air gambut merupakan air permukaan yang memang banyak terdapat di daerah pasang-surut, berawa, dan dataran rendah terutama di Sumatera dan Kalimantan. Karakteristik air gambut bersifat spesifik, bergantung dari lokasi air berasal, jenis vegetasi, jenis tanah tempat air gambut berada, ketebalan gambut, usia gambut, dan cuaca. Menurut Novita, 2008 dalam penelitiannya air gambut tidak cocok untuk dijadikan air bersih karena tidak sesuai dengan baku mutu sebagaimana yang disyaratkan pemerintah. Hal yang mempengaruhi air gambut sulit untuk dijadikan sumber air baku karena kadar pH yang rendah sehingga berakibat buruk untuk kesehatan, kandungan organik tinggi

sehingga menimbulkan bau apabila bahan organik tersebut terurai secara biologis, keberadaan zat humus dan asam flufik di dalam air baku yang menyebabkan warna kuning sejati pada air baku jika tidak dihilangkan akan membentuk zat trihalomethan yang bersifat karisgonik, dan kandungan logam yang tinggi dapat menyebabkan kematian apa bila dikonsumsi dalam jangka waktu yang tidak ditentukan (Wagner,2001).

### **2.5.3 Air Hujan**

Air hujan merupakan air hasil penyubliman awan/uap air menjadi air murni yang ketika turun dan melalui udara akan melarutkan benda-benda yang terdapat diudara (Sjarnsidi dkk,2013). Akan tetapi air hujan tidak dapat langsung dikonsumsi pada saat turun hujan pertama kali karena air sudah bercampur dengan partikel-partikel pengotoran udara.

## **2.6 Pengukuran Debit Aliran Sungai**

Perencanaan hidrologi bersangkutan dengan karakteristik daerah aliran sungai (DAS). Sistem daerah aliran sungai dipengaruhi oleh beragam komponen yaitu komponen fisik daerah aliran sungai, vegetasi, jenis tanah, aliran air dan hujan yang berinteraksi secara dinamis. Sistem daerah aliran sungai yang meliputi karakteristik dan hujan sangat mempengaruhi kondisi debit aliran sungai.

Para perencana bangunan air kesulitan untuk mendapatkan data debit aliran sungai yang berupa data seri dalam jangka waktu panjang pada banyak daerah aliran sungai dikarenakan kurangnya kelengkapan data. Ketersediaan data debit aliran sungai jangka panjang di lokasi bangunan pengambilan sangat diperlukan untuk perencanaan pengembangan air irigasi, perikanan, air baku dan pembangkit listrik tenaga air (PLTA).

Apabila pada titik yang ditinjau tidak terdapat seri data debit jangka panjang, untuk mendapatkan data seri debit tersebut dapat dilakukan dengan model simulasi hujan-aliran, untuk membuat data hujan menjadi data debit sungai. Model simulasi hujan di Indonesia yang sering digunakan yaitu metode Dr. FJ Mock,

model NRECA (*Natural Rural Electrical Cooperation Agency*), dan model tanki (*Tank model*). Model yang sering digunakan terutama di daerah dengan curah hujan tinggi sampai sedang seperti daerah Sumatera, Kalimantan, Jawa dan Bali adalah model Dr. FJ Mock. Sedangkan model yang digunakan pada daerah dengan curah hujan rendah seperti di daerah Nusa Tenggara adalah model NRECA (Hadisusanto, 2010).

### 2.6.1 Model Dr. FJ. Mock

Dr. FJ Mock memperkenalkan cara perhitungan simulasi aliran sungai melalui data hujan, evapotranspirasi dan karakteristik hidrologi daerah aliran sungai dari makalahnya yang berjudul *Land Capability Appraisal and Water Availability Appraisal*, Indonesia, FAO, Bogor, 1973. Model ini diperoleh dari penelitian empiris dengan memasukkan data hujan bulanan, evapotranspirasi potensial bulanan dan parameter-parameter fisik lainnya yang bersifat bulanan, sehingga menghasilkan debit aliran simulasi bulanan. Terdapat 5 (lima) hal yang harus diperhatikan dalam perhitungan model Dr. FJ. Mock yaitu, hujan, evapotranspirasi, keseimbangan air di permukaan tanah, simpanan air tanah (*Ground Water Storage*), dan aliran sungai (Hadisusanto, 2010).

#### 2.6.1.1 Hujan

Nilai hujan bulanan (P) diperoleh dari pencatatan data hujan bulanan (mm) dan jumlah hari hujan pada bulan yang bersangkutan (h) (Hadisusanto, 2010).

#### 2.6.1.2 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi terbatas adalah evapotranspirasi aktual yang dipengaruhi kondisi vegetasi dan permukaan tanah sehingga didapatkan persamaan 2.7 (Hadisusanto, 2010).

$$E = ET_0^* \times \frac{d}{30} \times m \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

$E$  = Perbedaan antara evapotranspirasi potensial dan evapotranspirasi terbatas (mm)

$ET^*_0$  = Evapotranspirasi potensial (mm)

$d$  = Jumlah hari kering atau hari tanpa hujan dalam 1 bulan

$m$  = Persentase lahan yang tidak tertutup vegetasi, ditaksir dari peta tata guna lahan, diambil

$m = 0\%$  untuk lahan dengan hutan lebat

$m = 0\%$  pada akhir musim hujan, dan pertambahan 10% setiap bulan kering untuk lahan dengan hutan sekunder.

$m = 10\%-40\%$  untuk lahan yang terpencil

$m = 20\%-50\%$  untuk lahan pertanian yang digunakan untuk sawah, lahan, perkebunan dsb.

Jumlah permukaan kering setengah bulan ( $d$ ), dihitung dengan asumsi bahwa tanah dalam satu hari hanya mampu menahan air 12 mm dan selalu menguap sebanyak 4 mm.

Berdasarkan frekuensi curah hujan di Indonesia dan sifat infiltrasi serta penguapan dari tanah permukaan, didapat hubungan seperti pada persamaan 2.8, 2.9, 2.10 dan 2.11 (Hadisusanto, 2010).

$$d = \frac{3}{2} \times (18-h) \text{ atau } d = 27 - \frac{3}{2} \times h \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

$h$  = Kumulatif hari hujan dalam sebulan

Intidari dari persamaan 2.7 dan 2.8 adalah diperolehnya persamaan 2.9.

$$\frac{E}{ET^*_0} = \left(\frac{m}{20}\right) \times (18-h) \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

$E_t$  =  $ET^*_0 - E$

$E_t$  = Evapotranspirasi terbatas (mm)

Keterangan :

$h$  = Kumulatif hari hujan dalam sebulan

### 2.6.1.3 Keseimbangan Air di Permukaan Tanah

Keseimbangan air di permukaan tanah diketahui berdasarkan besarnya curah hujan bulanan dikurangi nilai evapotranspirasi terbatas dengan rerata bulanan sehingga didapatkan persamaan 2.10 (Hadisusanto, 2010).

$$\Delta S = P - E_t \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

$\Delta S$  = Perubahan kandungan air tanah (*soil storage*).

$\Delta S$  bernilai positif apabila  $P > E_t$ , air masuk kedalam tanah

$\Delta S$  bernilai positif apabila  $P < E_t$ , sebagian air akan keluar sehingga terjadi defisit

### 2.6.1.4 Simpanan Air Tanah

Simpanan Air tanah (*Ground water storage*) adalah nilai run off dan ground water yang besarnya tergantung dari keseimbangan air dan kondisi tanahnya. Data yang diperlukan adalah koefisien infiltrasi dan faktor resensi aliran air tanah seperti pada persamaan 2.11 (Hadisusanto, 2010).

$$I_n = \text{Water Surplus} \times I \dots\dots\dots (2.11)$$

$$V_n = k \cdot V_{(n-1)} + 0,5 (1+k) I_n \dots\dots\dots (2.12)$$

$$DV_n = V_n - V_{n-1} \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

$I_n$  = Infiltrasi volume air yang masuk kedalam tanah

$I$  = Koefisien infiltrasi (0,2-0,5)

$V_n$  = Volume air tanah

$A$  = Volume tampungan per bulan



$V_n$  = Perubahan volume air tanah bulan ke-n

$V_{n-1}$  = Volume air tanah bulan ke (n-1)

k = Faktor resensi aliran air tanah (0,4-0,7)

#### 2.6.1.5 Aliran Sungai (Flow)

Aliran air sungai dipengaruhi oleh 4 (empat) hal yaitu *interflow*, *direct run off*, *base flow*, dan *Run off* seperti pada persamaan 2.14, 2.15, 2.16, dan 2.17 (Hadisusanto, 2010).

Interflow = Infiltrasi - Volume air tanah (mm)..... ( 2.14)

Direct run off = Water Surplus - Infiltrasi (mm)..... ( 2.15)

Base Flow = Aliran sungai yang selalu ada sepanjang tahun ( $m^3/dt$ )..... ( 2.16)

Run Off = Interflow + Direct Run Off + Base Flow ( $m^3/dt$ ) ..... ( 2.17)

#### 2.6.1.6 Debit Andalan

Debit andalan adalah debit yang diharapkan selalu tersedia sepanjang tahun dengan resiko kegagalan yang diperhitungkan seminimal mungkin. Debit andalan untuk air minum biasanya ditetapkan sebesar 90% dari debit tersedia, maka digunakan perhitungan sesuai dengan persamaan 2.18 (Hadisusanto, 2010).

$M = 0,1 \times N$  ..... ( 2.18)

Keterangan :

M = Urutan debit andalan yang diharapkan

N = Jumlah tahun data pengambilan debit

Data debit andalan pada umumnya digunakan untuk perencanaan pengembangan air irigasi, air baku dan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) yaitu untuk menentukan perhitungan persediaan air pada bangunan pengambilan (*intake*). Agar mendapatkan perhitungan debit andalan yang baik, untuk itu diperlukan data pencatatan debit dengan jangka waktu yang panjang, hal ini



digunakan agar tidak terjadi penyimpangan data yang terlalu besar dalam proses perhitungan. Perhitungan debit andalan pada praktek dilapangan yang sering digunakan adalah penetapan debit andalan dengan metode rangking dan statistik.

a. Perhitungan Metode Rangking

Perhitungan debit andalan dengan menggunakan metode rangking dilaksanakan apabila data pencatatan debit seri jangka panjang, selanjutnya data tersebut disusun atau dirangking mulai dari urutan data debit terkecil ke urutan terbesar. Setelah ditetapkan maka terlebih dahulu ditetapkan persentase debit andalan yang diharapkan.

## 2.7 Standar Air Baku dan Air Minum

Air baku merupakan cikal bakal air minum. air minum yang dapat dikonsumsi harus memenuhi standar baku mutu air. Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air baku mutu air adalah batasan atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemaran yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Dalam mempermudah mengetahui mutu air yang baik maka dibuatlah klasifikasi mutu air tersebut. Ada 4 (empat) kelas mutu air untuk air minum sendiri harus memenuhi mutu air kelas 1 (satu) (Peraturan Pemerintah RI, 2001).

Air minum merupakan air yang telah diolah maupun belum diolah akan tetapi telah memenuhi syarat kesehatan dan langsung dapat diminum. Syarat air dikatakan sebagai air minum yaitu harus aman bagi kesehatan baik secara fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum tertera pada lampiran. Dimana seluruh persyaratan yang ada harus dipatuhi penyelenggara air minum baik yang berupa badan usaha milik negara maupun daerah, koperasi, badan usaha swasta, usaha perorangan, kelompok masyarakat atau individual.

## 2.8 Pemilihan Lokasi

Dalam suatu wilayah atau lokasi terlebih dahulu harus diidentifikasi ketersediaan dari air bakunya. Diperlukan studi hidrologi dan hidrogeologi untuk memperoleh informasi antara lain:

1. Jarak dan beda tinggi sumber air
2. Debit optimum (*safe yield*) dari sumber air
3. Kualitas air dan pemakaian sumber air saat ini

Selain itu pemilihan lokasi juga harus memenuhi ketentuan teknis agar dapat dikaji apakah wilayah tersebut layak ataupun tidak. Adapun ketentuan teknis dan pengkajian wilayah studi dan pelayanan Tersaji dalam Tabel 2.2.

**Tabel 2. 2.** Kajian Teknis Survei dan Pengkajian Wilayah Studi dan Wilayah Pelayanan

No.	Ketentuan	Uraian
1	Data Teknis	1. Iklim
		2. Geografi
		3. Geologi dan Hidrologi yang dilengkapi peta-peta
		4. Rencana umum tata ruang
		5. Peta wilayah
		6. Gambar-gambar teknis yang ada
		7. Laporan teknis sistem penyediaan air minum yang ada
		8. Data sosial ekonomi
		9. Data kependudukan
2	Peta-peta wilayah dengan ketentuan berlaku	-
3	Survei sumber air baku	Memenuhi segi kualitas dan kuantitas
4	Pemilihan alternatif jalur transmisi	-
5	Pengkajian	Bertujuan mendapatkan batasan wilayah studi, wilayah proyek dan pelayanan, sumber air baku dan jalur transmisi serta komponen-komponen
6	Biaya operasional	-
7	Kemungkinan terjadi kontaminasi	-
8	Kemungkinan pembesaran debit	-

## 2.9 Proses Pengolahan Air

Proses pengolahan air minum di karenakan sifatnya yang berbeda-beda maka dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian menurut sumber mata airnya. Adapun 3 sumber air baku tersebut adalah air tanah, air dari mata air, dan air permukaan.

### 2.9.1 Proses Pengolahan Air minum Sumber Air Baku dari Air Permukaan

Proses pengolahan air merupakan hal yang paling penting sebelum pendistribusian air. proses pengolahan air dilakukan untuk menyisihkan bahan-bahan pencemar yang tidak layak untuk air minum. Proses pengolahan air minum dibagi menjadi 3 tahap (JICA,1990). Adapun prosesnya meliputi:

#### 1. Tahap Pra Pengolahan

Merupakan tahapan yang difungsikan untuk menurunkan parameter-parameter tertentu yang dapat mengganggu proses selanjutnya dalam pengolahan air minum. unit-unit pra pengolahan yang digunakan adalah bak ekualisasi, *pere-Sedimentasi*, Netralisasi dan *Pre-chlorinasi*.

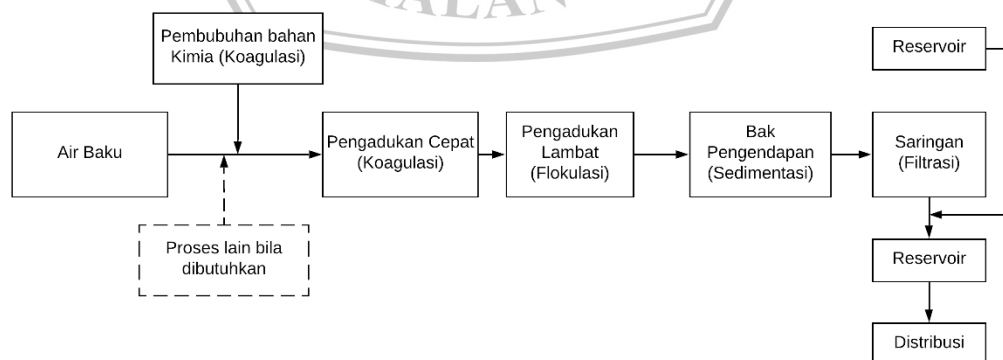
#### 2. Tahap Pengolahan Utama

Pengolahan utama mencakup pengolahan kesadahan, koagulasi, dan flokulasi yang diikuti oleh proses sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi.

#### 3. Tahap pengolahan Khusus

Pengolahan khusus merupakan pengolahan yang harus lebih spesifik dalam pengolahannya. Contohnya, seperti penggunaan RO pada air dengan nilai TDS tinggi.

Adapun sekama pengolahan sumber air baku dari air permukaan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2. 1.** Instalasi Pengolahan Air

## 2.10 Unit-unit Pengolahan Air Minum

Unit pengolahan air minum dapat direncanakan berdasarkan SNI 6774:2008. Perencanaan unit pengolahan harus mencakup kriteria perencanaan air baku, kapasitas instalasi, unit operasi, struktur dan bahan serta cara pengerjaan untuk mendapatkan unit instalasi pengolahan air yang optimal.

### 2.10.1 Intake

Intake (bangunan penyadap) merupakan suatu bangunan yang bertugas untuk menangkap air atau tempat dimana air masuk dari sungai, danau situ, dan sumber lainnya. Intake pada bangunan pengolahan air minum dimaksudkan untuk mengumpulkan air baku yang ada. Kapasitas intake harus dapat memenuhi kebutuhan pengolahan air bersih dalam satu hari.

Intake terdiri dari beberapa jenis yaitu *intake weir*, *intake tower*, *intake gate*, dan *intake crib*. Dari keempat jenis intake tersebut, intake yang paling cocok adalah *intake gate* karena jenis ini cocok dipergunakan pada instalasi pengolahan air yang memiliki debit kecil sampai medium ( $<100.000 \text{ m}^3/\text{hari}$ ) selain itu *intake gate* mudah dioperasikan jika ingin menutup intake apabila kondisi air tidak memungkinkan untuk dilakukan pengolahan.

*Intake gate* adalah fasilitas intake yang terdapat ditepi sumber air baku ditangkap melalui sebuah gerbang yang umumnya berupa pintu air kemudian dialirkan melalui sistem terbuka atau tertutup menuju instalasi pengolahan air. *Intake gate* pada umumnya terbuat dari beton bertulang berbentuk persegi panjang atau tapal kuda,, dilengkapi dengan *flashboard*, serta terdapat penyaring kasar di depannya untuk mencegah sampah-sampah berukuran besar seperti kayu, botol plastik atau bahan lainnya yang ada disungai agar tidak terbawa ke dalam saluran intake pembawa aliran air baku (JWWA,2012).

Adapun unit bangunan intake terbagi menjadi 5 bagian yaitu *bar screen*, saluran intake, pintu air, bak penampung, dan sistem transmisi.

### 2.10.1.1 Bar Screen

*Bar screen* merupakan bagian unit intake yang bertugas untuk menyisihkan sampah/benda kasar seperti plastik dan kayu uang terapung menuju unit pengolahan agar tidak mengganggu jalannya fungsi dari unit pengolahan air selanjutnya. Adapun yang harus diperhatikan dalam perencanaan *bar screen* adalah kecepatan air, *headloss* maksimal yang terjadi, dan kemiringan dari *bar screen*. Rumus untuk menghitung unit bar screen terdapat pada Persamaan 2.19, 2.20, 2.21, 2.22, 2.23, 2.24, 2.25, dan 2.26.

#### 1. Headloss

$$hl = \beta \left( \frac{w}{b} \right)^{\frac{4}{a}} \times hv \times \sin \theta \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan :

$\beta$  = Faktor kirchmer, untuk batang persegi = 2,24

$w$  = diameter batang (m)

$b$  = jarak bukaan antar batang (m)

$hv$  = *Velocity head*

$L_t$  =  $s \times b$  (sudut kemiringan)

#### 2. Jumlah Batang

$$L = n.w + (n+1) b \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan :

$w$  = diameter batang (m)

$b$  = jarak bukaan antar batang (m)

$n$  = Jumlah batang

$L$  = Lebar *bar screen*

### 3. Jumlah Bukaannya Total

$$s = n + 1 \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan :

$n$  = Jumlah batang

### 4. Lebar Bukaannya Total

$$L_t = s \times b \dots\dots\dots (2.22)$$

Keterangan :

$s$  = Jumlah bukaan total (m)

$b$  = jarak bukaan antar batang (m)

### 5. Panjang Batang Terendam

$$Y_t = \frac{Y}{\sin \theta} \dots\dots\dots (2.23)$$

Keterangan :

$Y$  = Kedalaman Air (m)

### 6. Luas Total Bukaannya

$$A_t = L_t \times Y_t \dots\dots\dots (2.24)$$

Keterangan :

$L_t$  = Lebar bukaan total

$Y_t$  = Panjang batang terendam

### 7. Kecepatan aliran melalui batang

$$V_b = \frac{Q}{A_t} \cdot 1 \dots\dots\dots (2.25)$$

Keterangan :

$Q$  = Debit ( $m^3/detik$ )

$A_t$  = Luas total bukaan ( $m^2$ )

## 8. Tinggi muka air setelah melalui batang

$$Y' = Y + h_t \dots\dots\dots (2.26)$$

Keterangan :

$Y$  = Kedalaman air (m)

$h_t$  = *Headloss*

### 2.10.1.2 Saluran Intake

Saluran intake merupakan unit setelah *bar screen*, fungsi dari saluran intake adalah sebagai tempat untuk mengalirkan air baku dari sumber air menuju penampungan air yang telah tersedia. Hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan saluran intake adalah karakteristik dari sumber air yaitu ketinggian air maksimum dan minimum. 0,6-1,5 m/detik merupakan angka baku yang digunakan untuk kecepatan pada saluran intake yang tujuannya agar tidak terjadi pengendapan. Adapun rumus saluran intake terdapat pada Persamaan 2.27.

#### 1. Lebar Saluran

$$B = \frac{Q}{H \times V} \dots\dots\dots (2.27)$$

Keterangan :

$Q$  = Debit maksimum (m)

$H$  = Kedalaman air yang masuk (m)

$V$  = Kecepatan aliran yang masuk (m/detik)

### 2.10.1.3 Pintu Air

Pintu air pada unit pengolahan air intake merupakan unit yang memiliki fungsi sebagai pengatur fluktuasi debit air yang masuk dalam penampungan air. Pintu air juga berfungsi sebagai penutup aliran air pada saat tertentu sehingga air



baku yang diolah tidak dapat masuk ke penampungan air. Pintu air pada umumnya menggunakan tenaga listrik akan tetapi pintu air juga didesain dapat dioperasikan secara manual sehingga dimensi pintu air tidak melebihi kemampuan manusia dan memiliki kecepatan alir  $< 1$  m/detik. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung *headloss* pintu air tersaji pada Persamaan 2.28.

$$h_l = \frac{Q^2}{2,746 \times h_f^3 \times L_p} \dots\dots\dots (2.28)$$

Keterangan :

- Q = Debit (m<sup>3</sup>/detik)  
 $H_f$  = Tinggi bukaan pintu air (m)  
 $L_p$  = Lebar pintu air (m/detik)

#### 2.10.1.4 Bak Penampung

Bak penampung memiliki fungsi sebagai tempat penampungan air yang masuk ke dalam intake sebelum nantinya dialirkan kembali ke instalasi pengolahan air untuk diolah. Adapun kriteria perencanaan yang dipakai adalah:

1. Jumlah bak minimum 2 buah
2. Waktu tinggal maksimum 20 menit
3. Dasar bak pengumpul minimum 1 meter di bawah dasar sungai atau 1,52 meter di bawah muka air minum (Al-layla, 1978)

#### 2.10.2 Flotasi

Flotasi merupakan proses pemisahan padatan dan air berdasarkan perbedaan berat jenis dengan cara diapungkan. Adapun kriteria perencanaan unit flotasi terdapat pada Tabel 2.3.



**Tabel 2. 3.** Kriteria Perencanaan Unit Flotasi (Pengapungan)

No.	Proses	Aliran Udara (N.L/m <sup>3</sup> air)	Ukuran Gelembung	Input Tenaga (Watt jam/m <sup>3</sup> )	waktu detensi (menit)	Beban hidrolis permukaan (m/jam)
1	Flotasi untuk pemisahan lemak	100-400	2-5 mm	5-10	5-15	10-30
2	Flotasi mekanik	10000	0,2-2 mm	60-120	4-16	-
3	<i>Disolved Air Flotation</i>	15-50	40-70 $\mu$ m	40-80	20-40 bersamaan dengan flokulasi	3-10

Sumber : SNI 6774:2008

### 2.10.3 Flokulasi

Flokulasi merupakan proses pembentukan partikel koloid yang menggumpal (flog) yang besar dan padat agar dapat diendapkan. Kriteria perencanaan untuk flokulasi (pengaduk lambat) tersaji pada Tabel 2.4.

**Tabel 2. 4.** Kriteria Perencanaan untuk Flokulasi (Pengaduk Lambat)

No	Kriteria Umum	Flokuator Mekanis			Flokuator Clarifier
		Flokuator Hidrolis	Sumbu Horizontal dengan Pedal	Sumbu Vertikal dengan Bilah	
1	G (gradien kecepatan) 1/detik	60 (menurun) - 5	60 (menurun)- 10	70 (menurun) - 10	100-10
2	Waktu tinggal	30-45	30-40	20-40	20-100
3	Tahap flokulasi (buah)	6-10	3-6	2-4	1
4	Pengendalian energi	Bukaan pintu/sekat	Kecepatan Putaran	Kecepatan putaran	Kecepatan aliran air
5	Kecepatan aliran max (m/det)	0,9	0,9	1,8-2,7	1,5-0,5
6	Luas bilah/pedal dibandingkan luas bak (%)	-	5-20	0,1-0,2	-
7	Kecepatan perputaran sumbu (rpm)	-	1-5	8-25	-
8	Tinggi (m)	-	-	-	2-4*

Keterangan : \*termasuk ruang *sludge blanket*

Sumber : SNI 6774:2008

Ada 2 jenis unit flokulasi yaitu flokulasi tipe hidrolis dengan jenis pengaduk statis dan dengan pengaduk mekanis. Untuk perhitungan dimensi unit flokulasi (pengaduk lambat) dapat ditentukan dengan rumus seperti pada Persamaan 2.29, 2.30, 2.31, dan 2.32.

### 1. Tipe hidrolis dengan jenis pengaduk statis

$$C = Q \cdot t_d \dots\dots\dots (2.29)$$

$$p \times l \times d = Q \cdot t_d \dots\dots\dots (2.30)$$

$$G^2 = g \cdot h_f / \mu \cdot t_d \dots\dots\dots (2.31)$$

Keterangan :

- Q = Kapasitas unit pengolahan (m<sup>3</sup>/detik)  
 p = panjang bak pengolahan (m)  
 l = lebar bak pengolahan (m)  
 d = tinggi bak pengolahan (m)  
 t<sub>d</sub> = waktu tinggal (detik)  
 G = Gradien, G (detik<sup>-1</sup>)  
 h<sub>f</sub> = kehilangan tekanan pada instalasi pengolahan air dan perlengkapannya (m kolam air)  
 μ = Viskositas kinematik air (m/detik)  
 g = Gravitasi (9,81 m/detik)

### 2. Tipe hidrolis dengan jenis pengaduk mekanis

$$P = \frac{K}{g_c} \cdot \rho \cdot n^3 \cdot D^3 \dots\dots\dots (2.32)$$

Keterangan:

- P = Tenaga yang diperlukan (g.cm/det)  
 n = Putaran (rpm)

- $g_o$  = Faktor konversi Newton  
 $D$  = Diameter impeller (cm)  
 $K$  = Konstanta eksperimen (1.0-5.0)  
 $\rho$  = Masa jenis air (g/cm<sup>3</sup>)

#### 2.10.4 Koagulasi

Koagulasi merupakan kegiatan pencampuran bahan kimia (koagulan) dengan air baku sehingga membentuk campuran yang homogen. Adapun kriteria perencanaan unit koagulasi (pengaduk cepat) tersaji pada Tabel 2.5.

**Tabel 2. 5.** Kriteria Perencanaan Unit Koagulasi (Pengaduk Cepat)

No	Unit	Kriteria
<b>1</b>		Pengaduk Cepat
<b>1a</b>	Tipe	A. Hidrolis
		1. Terjunan
		2. Saluran bersekat
		3. dalam instalasi pengolahan air bersekat
		B. Mekanis
		1. Bilah (blade), pedal (padle) kristalisasi pengolahan air
		2. Flotasi
<b>1b</b>	Waktu Pengadukan	1-5
<b>1c</b>	Nilai G/detik	>750

Sumber : SNI 6774:2008

Perencanaan dimensi dari unit koagulasi didasarkan pada tipe pengaduk hidrolisnya yaitu pengaduk statis dan mekanis. Adapun rumusnya tersaji pada persamaan 2.33, 2.34, 2.35, 2.36, 2.37, 2.38, dan 2.39.

#### 1. Tipe hidrolis dengan jenis pengaduk statis

$$Q = A \cdot v \dots\dots\dots (2.33)$$

$$Q = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot v \dots\dots\dots (2.34)$$

$$h_f = \frac{f \cdot L}{D \cdot \frac{v}{2} \cdot g} \dots\dots\dots (2.35)$$

$$h_f = k \cdot \frac{v^2}{2} \cdot g \dots\dots\dots(2.36)$$

$$G^2 = Q \cdot \rho \cdot \frac{h_f}{\mu} \cdot C \dots\dots\dots(2.37)$$

$$v = 0,849 \cdot C_n \cdot R^{0,63} \cdot S^{0,54} \dots\dots\dots(2.38)$$

Keterangan:

Q = Kapasitas pengolahan (m<sup>3</sup>/detik)

D = Diameter instalasi pengolahan air (m)

v = Kecepatan aliran (m/det)

h<sub>f</sub> = kehilangan tekanan pada instalasi pengolahan air dan perlengkapannya  
(m kolom air)

g = Gravitasi (9,81 m/detik)

f = Koefisien kehilangan melalui instalasi pengolahan air (0,02-0,026)

k = Koefisien kehilangan melalui perlengkapan instalasi pengolahan air  
(0,7-1)

μ = Viskositas kinematik air (m<sup>2</sup>/detik)

C = Kapasitas bak (m<sup>3</sup>)

C<sub>n</sub> = Koefisien kekasaran instalasi pengolahan air

S = Kemiringan Hidrolis (m/m)

R = Jari-jari hidrolis (m)

ρ = Masa jenis air (g/cm<sup>3</sup>)

## 2. Tipe hidrolis dengan jenis pengaduk mekanis

$$P = \frac{K}{g_c} \cdot \rho \cdot n^3 \cdot D^5 \dots\dots\dots(2.39)$$

Keterangan:

P = Tenaga yang diperlukan (g.cm/det)

- $n$  = Putaran (rpm)  
 $g_c$  = Faktor konversi Newton  
 $D$  = Diameter impeller (cm)  
 $K$  = Konstanta eksperimen (1.0-5.0)  
 $\rho$  = Masa jenis air ( $\text{g/cm}^3$ )

### 2.10.5 Sedimentasi

Sedimentasi merupakan proses berpisahanya padatan dan air berdasarkan perbedaan berat jenis dengan cara pengendapan. Unit sedimentasi memiliki 10 kriteria menurut SNI 6774:2008 tersaji pada Tabel 2.6.

**Tabel 2. 6. Kriteria Unit Sedimentasi (Bak Pengendap)**

No	Kriteria Umum	Bak Persegi (Aliran horizontal)	Bak persegi aliran vertikal (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Bak bundar- (aliran vertikal-radial)	Bak bundar- (kontak padatan)	Clarifier
1	Beban permukaan ( $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ )	0,8-2,5	3,8-7,5*	1,3-1,9	2-3	0,5-1,5
2	Kedalaman (m)	3-6	3-6	3-5	3-6	0,5-1,0
3	Waktu tinggal (jam)	1,5-3	0,07**	1-3	1-2	2-2,5
4	Lebar/panjang	> 1/5	-	-	-	-
5	Beban pelimpah ( $\text{m}^3/\text{m}/\text{jam}$ )	< 11	< 11	3,8-15	7-15	7,2-10
6	Bilangan Reynold	< 2000	< 2000	-	-	< 2000
7	Kecepatan pada pelat/tabung pengendap (m/menit)	-	max 0,15	-	-	-
8	Bilangan Fraude	> $10^{-5}$	> $10^{-5}$	-	-	> $10^{-5}$
9	Kecepatan Vertikal (cm/menit)	-	-	-	< 1	< 1

Tabel 2.6. (Lanjutan)

No	Kriteria Umum	Bak Persegi (Aliran horizontal)	Bak persegi aliran vertikal (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Bak bundar- (aliran vertikal-radial)	Bak bundar- (kontak padatan)	Clarifier
10	Sirkulasi Lumpur	-	-	-	3-5% dari input	-
11	Kemiringan dasar bak (tanpa scraper)	45 <sup>0</sup> -60 <sup>0</sup>	45 <sup>0</sup> -60 <sup>0</sup>	45 <sup>0</sup> -60 <sup>0</sup>	> 60 <sup>0</sup>	45 <sup>0</sup> -60 <sup>0</sup>
12	Periode antar pengurusan lumpur (jam)	12-24	8-24	12-24	Kontinyu	12-24***
13	Kemiringan tube/plate	30 <sup>0</sup> /60 <sup>0</sup>	30 <sup>0</sup> /60 <sup>0</sup>	30 <sup>0</sup> /60 <sup>0</sup>	30 <sup>0</sup> /60 <sup>0</sup>	30 <sup>0</sup> /60 <sup>0</sup>

Catatan \* Luas bak yang tertutupi oleh pelat/tabung pengendap

\*\*Waktu referensi pada pelat/tabung pengendap

\*\*\*Pembuangan lumpur sebagian

Dimensi unit sedimentasi dapat dihitung berdasarkan Persamaan 2.40. sedangkan untuk bilangan reynold dan froude dapat dilihat pada Persamaan 2.41, 2.42, dan 2.43.

$$A = \frac{Q \cdot W}{S_0 (H \cdot \cos \alpha + W \cdot \cos^2 \alpha)} \dots \dots \dots (2.40)$$

Keterangan :

A = Luas permukaan bak (m<sup>2</sup>)

Q = Kapasitas pengolahan (m<sup>3</sup>/detik)

W = Jarak antar pelat (cm)

So = Beban permukaan (cm/detik)

H = Tinggi pelat (cm)

$\alpha$  = Kemiringan pelat (<sup>0</sup>)

### 1. Bilangan Reynold (Re)

$$R = W / 2 \dots \dots \dots (2.41)$$

$$Re = \frac{vR}{\mu} \dots \dots \dots (2.42)$$

## 2. Bilangan Froude (Fr)

$$Fr = \frac{v^2}{g \cdot R} \dots\dots\dots (2.43)$$

Keterangan :

$v$  = Kecepatan rata-rata di tube settler/plat settler

$R$  = Jari-jari hidrolis

$\mu$  = Viskositas kinematik air (m/detik)

$G$  = Gravitasi (9,81 m/detik<sup>2</sup>)

### 2.10.6 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses tertariknya molekul-molekul bahan pada permukaan bidang padatan yang bertindak sebagai absorben. Adsorpsi semakin efektif apa bila luas bidang permukaan adsorbennya juga bertambah (Schnitzer, 1997). Berdasarkan segi derajat adsorben secara umum harus memenuhi:

1. Adsorpsi berlangsung sedikit terhadap semua senyawa organik, kecuali senyawa berhalogen (F, Br, dan Cl)
2. Adsorpsi berlangsung baik pada semua senyawa berhalogen dan senyawa alifatik
3. Adsorpsi berlangsung sangat baik terhadap semua senyawa aromatik, makin banyak kandungan ini benzenanya makin baik adsorpsinya

Adapun senyawa kimia yang sering kali digunakan sebagai adsorben antara lain karbo aktif (*charcoal*), zeolit, resin dan tanah liat dari lokasi sumber air gambut.

### 2.10.7 Filtrasi

Filtrasi merupakan proses dipisahkannya padatan dari supermatran melalui media penyaringan. Adapun kriteria perencanaan unit filtrasi (saringan cepat) tersaji pada Tabel 2.7.

**Tabel 2. 7.** Kriteria Perencanaan Unit Filtrasi (Saringan Cepat)

No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
1	Jumlah bak saringan	$N=12.Q^{0,5*})$	minimum 5 bak	-
2	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6-11	6-11	12-33
3	Pencucian			
	a. Sistem pencucian	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i>	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i>	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i>
	b. Kecepatan (m/jam)	36-50	36-50	72-198
	c. Lama pencucian (menit)	10-15	10-15	-
	d. Periode antara dua pencucian (jam)	18-24	18-24	-
	e. Ekspansi (%)	30-50	30-50	30-50
	Media Pasir			
	a. Tebal (mm)	300-700	300-700	300-700
	b. Single media	600-700	600-700	600-700
	c. Media Ganda	300-600	300-600	300-600
	d. Ukuran efektif, ES (mm)	0,3-0,7	0,3-0,7	-
4	e. Koefisien keseragaman, UC	1,2-1,4	1,2-1,4	1,2-1,4
	f. Berat jenis ( $Kg/dm^3$ )	2,5-2,65	2,5-2,65	2,5-2,65
	g. Porositas	0,4	0,4	0,4
	h. Kadar $SiO_2$	>95%	>95%	>95%
	Media antransit:			
	a. Tebal (mm)	400-500	400-500	400-500
	b. ES (mm)	1,2-1,8	1,2-1,8	1,2-1,8
5	c. UC	1,5	1,5	1,5
	d. Berat Jenis ( $Kg/dm^3$ )	1,35	1,35	1,35
	e. Porositas	0,5	0,5	0,5
	Filter botom/dasar saringan			
	I. Lapisan Penyangga dari atas			
6	kebawah			
	a. Kedalaman(mm)	80-100	80-100	-
	b. Ukuran butiran (mm)	2-5	2-5	-
	c. Kedalaman(mm)	80-100	80-100	-
	d. Ukuran butiran (mm)	5-10	5-10	-



Tabel 2.7. (Lanjutan)

No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
e.	Kedalaman(mm)	80-100	80-100	-
f.	Ukuran butiran (mm)	10-15	10-15	-
g.	Kedalaman(mm)	80-150	80-150	-
h.	Ukuran butiran (mm)	15-30	15-30	-
II. Filter Nozel				
a.	Lebar slot nozel (mm)	<0,5	<0,5	<0,5
b.	Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	>4%	>4%	>4%

**Catatan:** \*) Untuk saringan dengan jenis kecepatan yang menurun

Selain terdapat kriteria perancangan, unit filtrasi juga memiliki persamaan yang digunakan untuk menentukan dimensi dari unit tersebut. Adapun persamaan unit filtrasi tersaji pada Persamaan 2.44.

$$Q = A \cdot v$$

$$A = \frac{Q}{v} \dots \dots \dots (2.44)$$

Keterangan :

- Q = Kapasitas pengolahan (m<sup>3</sup>/detik)
- A = Luas bak (m<sup>2</sup>)
- v = Kecepatan peyaringan (m/detik)

### 2.10.8 Desinfeksi

Desinfeksi merupakan proses substansi kimia yang digunakan untuk mencegah pertumbuhan bakteri. Adapun kriteria untuk melakukan proses desifeksi antara lain:

1. Jenis Desinfektan yang digunakan yaitu
2. Dosis klor ditentukan berdasarkan dpc yaitu jumlah klor yang dikonsumsi air besarnya tergantung dari kualitas air bersih yang di produksi serta ditentukandari sisa klor di instalasi (0,25-0,35) mg/l (SNI 6774,2008).

### 2.10.9 Reservoir

Reservoir merupakan bangunan yang berfungsi menjaga pola kesetimbangan antar produksi dengan kebutuhan, berfungsi sebagai penyimpan kebutuhan air untuk kondisi darurat, dan sebagai penyedia kebutuhan air untuk keperluan instalasi. Reservoir pada umumnya dibangun didalam tanah (*ground reservoir*) difungsikan untuk menampung produksi air dari sistem IPA maupun dalam bentuk menara air (*elevated reservoir*) yang difungsikan untuk mengantisipasi kebutuhan puncak di daerah distribusi. Umumnya reservoir dibangun dengan konstruksi beton bertulang dan baja (Kementrian PUPR,TT). Hal-hal yang mempengaruhi dalam pembuatan reservoir adalah:

1. Volume reservoir, harus memiliki kapasitas yang dapat memenuhi keperluan akan air minum, serta memperhatikan fluktuasi pemakaian air
2. Tinggi elevasi energi, digunakan sebagai pertimbangan sistem aliran. Dimana jika elevasi tinggi maka sistem dapat berjalan menggunakan tenaga gravitasi, sedangkan jika rendah menggunakan sistem pompa
3. Letak reservoir, diusahakan sedekat mungkin dengan wilayah perencanaan hal ini ditujukan agar biaya yang dikeluarkan untuk jaringan dapat lebih hemat
4. Pemakaian pompa, jumlah pompa dan waktu pemakaian pompa harus bisa mencakupi kebutuhan pengaliran air
5. Konstruksi reservoir,

- a. Ambang bebas dan dasar bak

Ambang bebas minimum 30 cm di atas muka air tertinggi dan minimum 15 cm dari muka air terendah.

- b. Inlet dan outlet

Posisi dan jumlah pipa inlet ditentukan berdasarkan pertimbangan bentuk dan struktur tangki sehingga tidak ada daerah dengan aliran yang mati.

Pipa outlet dilengkapi dengan saringan dan diletakkan minimum 10 cm di atas lantai atau pada muka air terendah.

Perlu memperhatikan penempatan pipa yang melalui dinding reservoir, harus dapat dipastikan dinding kedap air dan diberi *flexible-joint*.

Pipa inlet dan outlet dilengkapi dengan *gate valve*.

Pipa peluap dan penguras memiliki diameter yang mampu mengalirkan debit air maksimum secara gravitasi dan saluran outlet harus terjaga dari kontaminasi luar.

c. Ventilasi dan *Manhole*

Reservoir dilengkapi dengan ventilasi, *manhole*, dan alat ukur tinggi muka air

Tinggi ventilasi  $\pm 50$  cm dari atap bagian dalam, ukuran *manhole* harus cukup dimasuki petugas dan kedap air.

## 2.10.10 Penampungan Air Hujan

Penampungan air hujan atau yang dikenal dengan sebutan PAH merupakan wadah untuk menampung air hujan sebagai bagian dari sumber air baku yang penggunaannya individual atau komunal dan dilengkapi dengan saringan. (Setyawaty & Anggraini, 2014). Adapun komponen dalam pembuatan PAH tersaji pada Tabel 2.8.

**Tabel 2. 8.** Komponen Penampungan Air Hujan

No.	Komponen	Fungsi	Keterangan
1	Bidang penangkap air	Menangkap air hujan sebelum mencapai tanah	atap rumah terbuat dari genting dan seng
2	Talang air/ pembawa (talang rambu dan talang tegak)	Mengumpulkan atau menangkap air hujan yang jatuh pada bidang penangkap dan mengumpulkan ke bak penampung	Talang dilengkapi dengan alat pengalih aliran untuk mengatur arah aliran menuju bak penampung
3	Saringan	Menyaring air hujan dari kotoran. Media penyaring dapat berupa pasir kerikil/pecahan bata/marmer sebagai penyangga	Diletakkan di atas bak penampung dan atau sebelum kran

Tabel 2.8. (Lanjutan)

No.	Komponen	Fungsi	Keterangan
4	Lubang periksa ( <i>manhole</i> )	Memberikan akses untuk masuk ke dalam bak penampung pada saat memperbaiki dan membersihkan	Harus ditutup
5	Bak penampung	Berfungsi sebagai reservoir/bak untuk menampung air hujan dengan aman yang dikumpulkan sewaktu musim hujan atau dapat juga digunakan sebagai penampungan air bersih yang didistribusikan melalui mobil tangki air/kapal tangki air	Terbuat dari bahan <i>ferrosemen</i> , pasangan bata, drum besi, <i>fiberglass reinforced plastic</i> (FRP)
6	Pipa Masuk	Mengalirkan air ke dalam bak penampung	
7	Pipa Peluap	Meluapkan air hujan yang melebihi kapasitas penampungan dan berfungsi sebagai pipa udara/ventilasi	Harus ditutup dengan kasa nyamuk
8	Kran keluar	Mengalirkan air keluar dari bak untuk digunakan	
9	Pipa penguras	Jalan keluar air buangan untuk pembersihan PAH	
10	Saluran buangan	Untuk menyalurkan air buangan agar PAH bersih dan kering	
11	Pipa udara	Untuk mengeluarkan gas-gas yang terlarut dalam air hujan	
12	Lantai	Dasar bangunan PAH	

Sumber: (Setyawaty & Anggraini, 2014)

### 2.10.11 Pengolahan Lumpur

Dalam pengolahan air baku lumpur merupakan produk sampingan yang selalu ada. Lumpur tidak dapat langsung dibuang dikarenakan dapat mencemari lingkungan dan membuat tumpukan sehingga terjadi sedimentasi. Oleh karena itu lumpur yang dihasilkan harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu.

Sistem pengolahan lumpur yang umum digunakan adalah bak pengering lumpur (*sludge drying bed*) (SDB). SDB merupakan suatu area atau tempat yang memiliki partisi yang terdiri dari pasir atau material berpori lainnya. Lumpur dikeringkan baik melalui infiltrasi maupun penguapan.

Bangunan *sludge drying bed* pada umumnya berbentuk persegi empat terbuat dari beton dimana pada bagian bawahnya terdapat penyaring berupa kerikil

pada bagian paling dasar dengan diameter efektif 19,10-38,10 mm setebal 200 mm, kerikil lapisan kedua 9,50-12,70 mm kedalaman 75 mm, kerikil lapisan ketiga berdiameter 3,20-9,50 mm ketebalan 75 mm, serta pasir pada lapisan keempat dengan diameter 0,6-2,44 mm ketebalan 300 mm (BSN, 2011).

## **2.11 Pemilihan Unit**

Unit pengolahan dipilih dengan berbagai pertimbangan yang didasarkan pada karakteristik air baku dan kualitas akhir air yang diharapkan. Pertimbangan itu meliputi pertimbangan teknis dan ekonomis (Priambodo & Indaryanto, 2017).

### **2.11.1 Aspek Teknis**

Adapun yang mempengaruhi aspek teknis antara lain:

1. Efisiensi unit pengolahan terhadap parameter kualitas air yang akan diturunkan
2. Fleksibilitas sistem terhadap kualitas air yang berfluktuasi
3. Kemudahan operasional dan pemeliharaan dalam jangka waktu yang panjang
4. Kemudahan konstruksi

### **2.11.2 Aspek Ekonomis**

Adapun yang mempengaruhi aspek ekonomis antara lain:

1. Biaya investasi awal, operasional, dan pemeliharaan
2. Luas lahan yang dibutuhkan
3. Optimalisasi jumlah unit pengolahan untuk menurunkan parameter kualitas air yang hendak diturunkan

## **2.12 Sistem Transmisi**

Sistem transmisi adalah sistem penyaluran air baku dari intake menuju ke instalasi pengolahan air minum dan membawa air yang sudah diolah dari IPA ke

reservoir distribusi. Sistem transmisi pada umumnya terdiri dari sistem pemompaan dan perpipaan. Kebutuhan pompa pada sistem transmisi ketika intake berada pada elevasi yang lebih rendah dibandingkan dengan elevasi instalasi pengolahan. Ada 3 jenis pipa yang biasanya digunakan dalam penyaluran air baku yaitu pipa besi, pipa baja, dan pipa PVC.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam memenuhi sistem transmisi adalah kelengkapan pipa, bangunan perlintasan pipa, tapping pipa, pemeliharaan jaringan pipa serta penanggulangan kehilangan air.

### 2.12.1 Kebocoran Air

Kebocoran atau yang lebih dikenal dengan kehilangan air merupakan proses hilangnya air pada saat perpindahan dari satu unit ke unit lainnya. Kebocoran biasanya dikelompokkan menjadi 2 (dua) bagian yaitu kebocoran teknis dan non teknis. Adapun penyebab kehilangan air dapat dilihat pada Tabel 2.9.

**Tabel 2. 9.** Penyebab Kehilangan Air

No.	Kebocoran Teknis	Kebocoran Non Teknis
1	Pengurasan Pipa	Tetes air dari kran pelanggan
2	Pengurasan lumpur pada instalasi pengolahan air	Pengurangan tagihan air pada samungan bermeter
3	Pencucian saringan pasir	Penggunaan air melalui sambungan liar
4	Operasi pompa	Kehilangan air akibat meteran yang tidak teliti
5	Kebocoran pipa transmisi	Penggunaan air melalui sambungan resmi tanpa meteran
6	Penggunaan air dan kebocoran pada instalasi pengolahan air, reservoir, dan pompa	Kesalahan membaca meteran air dan kesalahan membuat rekening
7	Pengurangan pipa distribusi	
8	Penggunaan pemadam kebakaran	
9	Kebocoran jaringan pipa distribusi termasuk sambungan rumah	

**Sumber:** Kementerian PUPR, TT

Untuk menghindari kehilangan air maka dilakukan usaha untuk menanggulangnya dengan semaksimal mungkin. Adapun cara yang dapat dilakukan antara lain:



1. Pembentukan sistem monitoring
2. Pencarian dan identifikasi sumber-sumber kehilangan air
3. Pengolahan data pelanggan untuk identifikasi kehilangan air non fisik
4. Inspeksi dan deteksi kebocoran pipa
5. Materisasi sambungan rumah dan penyempurnaan pengolahan data dan sistem tagihan serta melalui program penyuluhan
6. Pembenahan jaringan dan sistem tekanan

### 2.13 Sistem Pendistribusian

Sistem Pendistribusian air bersih adalah proses pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan (reservoir) kearah pelayanan (konsumen). Menurut Peraturan Pemerintah PU No: 18/RT/M/2017, kriteria-kriteria yang harus dipenuhi dalam perencanaan sistem distribusi ini antara lain:

1. Secara kuantitas, air yang dialirkan harus tersedia sesuai dengan kebutuhan daerah pelayanan
2. Penurunan mutu air harus diusahakan sekecil mungkin
3. Secara kualitas, tidak ada kontaminasi sehingga kualitas air tetap terjaga sesuai dengan standar
4. Kebocoran dalam sistem perpipaannya sedapat mungkin diminimalkan.
5. Memiliki tekanan yang cukup sehingga air mengalir normal ke seluruh daerah pelayanan yaitu 0,5-8 atm pada setiap *node*
6. Memiliki kecepatan minimal 0,3 m/dtk dan maksimum 4,5 m/dtk
7. Nilai *Headloss Friction* 0-15 m Jalur perpipaan harus sependek mungkin, tetapi tetap mudah untuk dilakukan pemeriksaan dan perawatan yang dilakukan secara rutin oleh pihak PDAM
8. Jalur perpipaan diusahakan sesedikit mungkin dengan menggunakan fasilitas penunjang seperti jembatan, dimaksudkan untuk mengurangi biaya pelaksanaan

Dalam perencanaan distribusi kondisi optimum yang diharapkan diantaranya menggunakan energi seminimal mungkin, mudah dalam pemasangan dan pemeliharaan dan pengoperasian biaya sekecil-kecilnya dan memenuhi syarat hidrolis. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan jalur pipa induk agar diperoleh kondisi optimum seperti yang diinginkan yaitu:

1. Menghindari belokan tajam
2. Diusahakan untuk menghindari melintasi sungai, rel kereta api, dan jalan raya
3. Menghindari tempat-tempat yang memungkinkan terjadinya kontaminasi selama pengaliran
4. Alur pipa sebaiknya ditempatkan pada tanah milik pemerintah atau dipinggir-pinggir jalan umum
5. Menghindari tempat-tempat yang kurang stabil (sering terjadi longsor)

#### **2.13.1 Jaringan Distribusi**

Jaringan distribusi berdasarkan bentuk jaringannya dapat dibagi menjadi 3 yaitu sistem *loop*, *branch*, dan kombinasi. Sistem *loop* merupakan jaringan dengan arah aliran secara bolak-balik dan dicirikan sebagai pipa yang memiliki aliran lebih dari satu arah, gradasi pipa yang tidak teratur, tidak memiliki titik mati dan aliran dapat berubah apabila terjadi jam puncak. Adapun sistem *branch* atau cabang merupakan jaringan bercabang dengan arah aliran satu arah dan sistem ini memiliki ciri berupa aliran satu arah yang memiliki satu titik mati. Sedangkan jaringan kombinasi merupakan jaringan yang tidak mutlak membentuk pola lingkaran atau pola cabang, yang dengan kata lain merupakan gabungan antara jaringan *loop* dan *branch* (Suprihatin & Suparno, 2013).

#### **2.13.2 Unit Pelayanan**

Unit pelayanan pada umumnya terbagi menjadi 2 jenis yaitu sistem perpipaan dan sistem non perpipaan dimana penjelasannya tersaji pada Tabel 2.10.



**Tabel 2. 10. Sistem Perpipaan**

<b>Sambungan Rumah (SR)</b>	<b>Kran Umum (KU)</b>	<b>Hidran Umum</b>
Sambungan rumah adalah pipa dan perlengkapannya, dimulai dari titik penyadap sampai dengan meter air	Kran umum meliputi pekerjaan perpipaan dan pemasangan meteran air	Hidran umum adalah salah satu sarana pelayanan air bersih/minum yang digunakan secara komunal, terdiri dari tangki penampung air berupa hidran yang penyediaan airnya dialirkan melalui pipa distribusi
Perlengkapan:		Pemasangan:
a. Bagian penyadapan pipa		a. Dengan sistem perpipaan dan atau mobil tangki
b. Meter air dan pelindung meter air ( <i>flowrestrictor</i> )		b. Dilengkapi meteran air
c. Kstup Pembuka/penutup aliran		
d. Pipa dan perlengkapannya		

Sumber: Kementerian PUPR, TT

Adapun yang dimaksud dengan sistem non perpipaan adalah sistem yang tidak melibatkan pipa yang bercabang-cabang dan berasal dari satu sumber. Yang termasuk kedalam sistem non perpipaan yang umum di jumpai adalah perlindungan mata air (PMA), sumur gali, sumur pompa tangan (SPT0 dangkal/dalam, sumur dalam, dan instalasi pengolahan air sederhana (sipas) dimana pengolahan air baku menjadi air bersih dilakukan dengan pelayanan secara komunal, panampungan air hujan (PAH), hidran umum, serta saringan rumah tangga (sarut).

## **2.14 Analisis Hidrolika dalam Sistem Jaringan Pipa Pengolahan Air Minum**

Analisis hidrolika dalam sistem jaringan pipa pengolahan air minum pada dasarnya dipengaruhi oleh 3 (tiga) hal utama yaitu hukum bernoulli, hukum kontinuitas, dan kehilangan energi yang terjadi ketika proses pemindahan air (dalam sistem transmisi perpipaan).

### **2.14.1 Hukum Bernoulli**

Bernoulli merupakan hukum yang digunakan untuk menentukan garis tekanan dan tenaga seperti pada Gambar 2.2. Hal yang mempengaruhi hukum bernaulli menurut zemansky, 1962 bergantung pada perbedaan tinggi permukaan, tekanan, dan perbedaan antar kecepatan di masing-masing titik tersebut. Dalam



sama (Menurut triadmojo dalam panji, 2017). Adapun persamaan hukum kontinuitas yang digunakan terdapat pada persamaan 2.46.

$$Q_{in} = Q_{out}$$

$$A_{in} \times V_{in} = A_{out} \times V_{out} \dots\dots\dots (2.46)$$

Keterangan :

Q = Debit Aliran (m<sup>3</sup>/detik)

A = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

V = Kecepatan Aliran (m/detik)

### 2.14.3 Kecepatan Rerata

Untuk mencari kecepatan rerata, diperhatikan suatu pias kecil yang terjadi pada aliran (triadmojo,dalam panji 2017). Apabila debit aliran yang melalui pipa dengan diameter D adalah Q, maka Kecepatan rerata V dapat dihitung dengan persamaan 2.47.

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (2.47)$$

Keterangan :

Q = Debit Aliran (m<sup>3</sup>/detik)

A = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

V = Kecepatan Aliran (m/detik)

### 2.14.4 Kehilangan Tenaga Aliran Melalui Pipa (*Head Loss*)

Umumnya didalam suatu instalasi jaringan pipa dikenal dua macam kehilangan tekanan yaitu kehilangan tinggi tekanan mayor dan kehilangan tinggi tekanan minor.

#### 2.14.4.1 Kehilangan Tinggi Tekanan Mayor

Terdapat beberapa teori dan formula untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi tekanan mayor yaitu dari hazen williams, Darcy Weisbach,

Chezy, Colerbrook-White, dan Swamme jain. Rumus yang umum digunakan pada aplikasi waternet adalah hazen williams dan darcy weisbach.

#### 1. Hazen williams

Adapun persamaan hazen williams terdapat pada Persamaan 2.48.

$$Q = 0,354 \times C_{hw} \times A \times R^{0,63} \times S^{0,54}$$

$$V = 0,354 \times C_{hw} \times R^{0,63} \times S^{0,54} \dots\dots\dots (2.48)$$

Keterangan :

V = Kecepatan Aliran (m/det)

$C_{hw}$  = Koefisien kekasaran

A = Luas Penampang ( $m^2$ )

Q = Debit Aliran ( $m^3$ /detik)

S = Kemiringan Hidroulis =  $hf/l$

R = Jari-jari hidrolis (m)

Menurut wabber 1971 dalam rachmawati TT, untuk  $Q = V/A$  Hazen-Williams didapat kehilangan tinggi tekanan mayor sebesar persamaan 2.49.

$$h_f = k \times Q^{1,85}$$

$$k = \frac{10,7 L}{C_{hw}^{1,85} \times D^{4,87}} \dots\dots\dots (2.49)$$

Keterangan :

$hf$  = Kehilangan tinggi tekanan mayor (m)

D = Diameter pipa (m)

K = Koefisien karakteristik pipa

L = Panjang pipa (m)

Q = Debit aliran pada pipa ( $m^3$ /detik)

## 2. Darcy Weisbach

Darcy weisbach menyatakan bahwa “kehilangan tekanan sebanding dengan kecepatan kuadrat dari aliran air, panjang pipa dan berbanding terbalik dengan diameter”. Secara empiris nilai faktor  $f$  ditentukan melalui persamaan 2.50.

$$hl = f \left( \frac{L}{d} \right) \times \left( \frac{V_1^2}{2g} \right) \dots\dots\dots (2.50)$$

Keterangan :

- L = Panjang pipa (m)
- $hl$  = *Headloss mayor* (m)
- D = Diameter pipa (m)
- $f$  = Faktor Gesekan

Persamaan darcy umumnya digunakan pada aliran laminar atau turbulen. Faktor gesekan untuk laminar dapat diperoleh melalui analisis dan untuk aliran turbulen ditentukan secara empiris. Persamaan koefisien  $f$  dapat dicari dengan menggunakan beberapa faktor yaitu faktor gesekan pada aliran laminar dan faktor gesekan pada aliran turbulen, dalam aliran turbulen sendiri dapat digunakan persamaan blasius, karman-nikuradse, colebrook, grafik moody dan swamee-jain.

### 2.14.4.2 Kehilangan Tinggi Tekanan Minor

Kehilangan tinggi tekanan minor merupakan kehilangan tekanan yang disebabkan karena adanya sambungan pipa (fitting) seperti katup (valve), belokan (elbow) saringan (strainer), percabangan (tee), losess pada bagian entrance, losses pada bagian axit, pembesaran pipa (expansion), pengecilan pipa (constriction) dan sebagainya (Hamid dkk, 2013).

$$h_f = K \left( \frac{V_1^2}{2g} \right) \dots\dots\dots (2.51)$$

Keterangan :

K = Konstanta kontraksi (sudah tertentu)

## 2.15 Aplikasi WaterCAD CONNECT Edition

*WaterCAD CONNECT Edition* merupakan sebuah aplikasi yang dirancang untuk melakukan simulasi aliran air atau *fluida* lainnya (bukan gas) dalam pipa baik dengan jaringan tertutup (*loop*) maupun jaringan terbuka dan sistem distribusi fluida menggunakan sistem gravitasi, sistem pompanisasi maupun keduanya. Aplikasi waternet dalam simulasi jaringan pipa secara garis besar memiliki fasilitas sebagai berikut:

1. Menghitung debit dan tekanan di seluruh jaringan pipa pada setiap *node* yang merupakan titik dengan elevasi tidak berubah maupun berubah dengan instalasi reservoir, pompa, katup, dan tangki
2. Menghitung demand atau air yang dapat diambil pada node jika tekanan node tersebut ditentukan
3. Fasilitas pompa dengan persamaan Q-H (debit terhadap head) sama dengan persamaan daya tetap (constant power), parabola (satu titik), dan parabola 3 titik).
4. Fasilitas default untuk mempermudah pengguna dalam menginput data
5. Fasilitas pustaka yang digunakan untuk mengukur kekasaran pipa dan kehilangan tinggi tenaga sekunder
6. Fasilitas katup PRV, FCB, FBV, dan TVC yang diperlukan untuk jaringan pipa
7. Fasilitas pipa aliran berubah, fasilitas fluktuasi, fasilitas editing, fasilitas hasil hitungan, pengubah node, penggambaran secara skalatis, link importance, dan kontur serta fasilitas lainnya.